

**UTWORY FORMACJI WIERZOWSKIEJ
NA TLE WCZESNOKREDOWYCH
WARUNKÓW SEDYMENTACJI
W ZACHODNIEJ CZĘŚCI BASENU PROTOŚLĄSKIEGO
(MORAWY, REPUBLIKA CZESKA)**

**Veřovice Formation deposits during Early Cretaceous
sedimentological regimes in the western part of the proto-Silesian Basin
(Moravia, the Czech Republic)**

**Piotr STRZEBOŃSKI¹, Jan GOLONKA¹, Anna WAŚKOWSKA¹,
Michał KROBICKI¹, Tadeusz SŁOMKA¹,
Petr SKUPIEN² & Zdeněk VAŠÍČEK³**

¹*Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska,
Katedra Geologii Ogólnej, Ochrony Środowiska i Geoturystyki;*

al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków;

*e-mail: strzebo@geol.agh.edu.pl, jan_golonka@yahoo.com, waskowsk@agh.edu.pl,
krobicki@geol.agh.edu.pl, slomka@geol.agh.edu.pl*

²*VŠB – Technical University, Institute of Geological Engineering;*

17. listopadu, 708 33 Ostrava-Poruba, Czech Republic;

e-mail: petr.skupien@vsb.cz

³*Institute of Geonics ASCR;*

Studentská 1768, Cz-708000 Ostrava-Poruba, Czech Republic;

e-mail: zdenek.vasicek@vsb.cz

Abstract: Sedimentological development of the Veřovice Formation (Czech Moravia) is presented, according to Early Cretaceous geotectonic-eustatic changes in the proto-Silesian Basin. Those processes were a consequence of a gradual rebuilding the architecture of the Alpine-Carpathian realm. The geological events well correspond with the global sequence stratigraphy.

Key words: Outer Western Carpathians, Veřovice Formation, Early Cretaceous, proto-Silesian Basin, Czech Republic

Słowa kluczowe: zachodnie Karpaty zewnętrzne, formacja wierzowska, wczesna kreda, basen protośląski, Czechy

WPROWADZENIE

Najdalej wysunięte na zachód stanowiska formacji wierzowskiej (*sensu* Picha *et al.* 2006, Golonka *et al.* 2008a, c) w Karpatach zewnętrznych (fliszowych), znajdują się we wschodniej części Czech. Formacja ta występuje na Morawach w rejonie miast: Jasenice, Hodslavice, Veřovice, Bordovice, Trojanovice, Kunčice, Čeladná, Ostravice i Malenovice (Fig. 1).

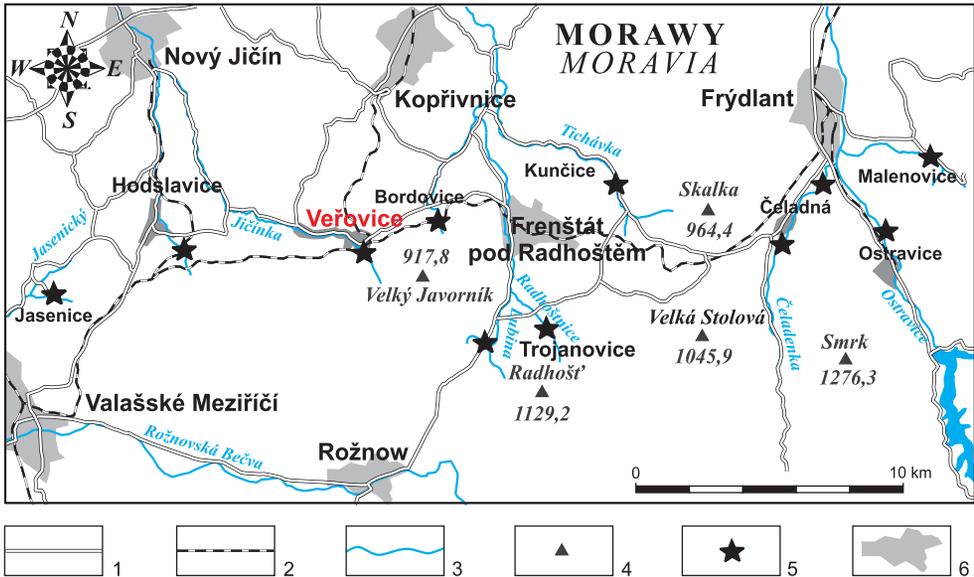


Fig. 1. Wychodne utworów formacji wierzowskiej na Morawach. Objaśnienia: 1 – drogi, 2 – kolej, 3 – rzeki i potoki, 4 – szczyty górskie, 5 – lokalizacje odsłonięć formacji wierzowskiej, 6 – miasta (wg Menčík & Tyráček (eds) 1985, zmienne)

Fig. 1. Outcrop of the Veřovice Formation deposits in the Moravia. Explanations: 1 – roads, 2 – railway, 3 – rivers and streams, 4 – alps, 5 – location of the outcrops of the Veřovice formation, 6 – cities (from Menčík & Tyráček (eds), 1985, modified)

Stratygrafia <i>Stratigraphy</i>		Strefa facjalna Kelč <i>Kelč facies zone</i>	Strefa facjalna godulska <i>Godula facies zone</i>
WCZESNA KREDA <i>EARLY CRETACEOUS</i>	Alb <i>Albian</i>	formacja jasenicka <i>Jasenice Formation</i>	formacja lgocka <i>Lhoty Formation</i>
	Apt <i>Aptian</i>	formacja wierzowska <i>Veřovice Formation</i>	formacja wierzowska <i>Veřovice Formation</i>
	Barrem <i>Barremian</i>		
	Hoteryw <i>Hauterivian</i>	formacja grodziska <i>Hradište Formation</i>	formacja grodziska <i>Hradište Formation</i>
	Walanżyn <i>Valanginian</i>		

Fig. 2. Dolnokredowa stratygrafia Karpat fliszowych Moraw (Czechy) (wg Picha *et al.* 2006, Golonka *et al.* 2008a, zmienne i uproszczone)

Fig. 2. Lower Cretaceous stratigraphy of the Flysch Carpathians in the Moravia (Czech Republic) (after Picha *et al.* 2006, Golonka *et al.* 2008a, modified and simplified)

Formacja wierzowska na Morawach (FWM), wchodzi w skład śląskiej jednostki strukturalnej (płaszczowiny śląskiej) zachodnich Karpat fliszowych, i jest późnoapackiego wieku (Skupien 2003) (Fig. 2), a jej miąższość dochodzi do 250 m (Menčík 1983, Picha *et al.* 2006). Obszarem sedymentacji formacji wierzowskiej był basen protośląski (Golonka *et al.* 2008b) (Fig. 3), w którym rozwijał się we wczesnej kredzie protośląski system depozycyjny.

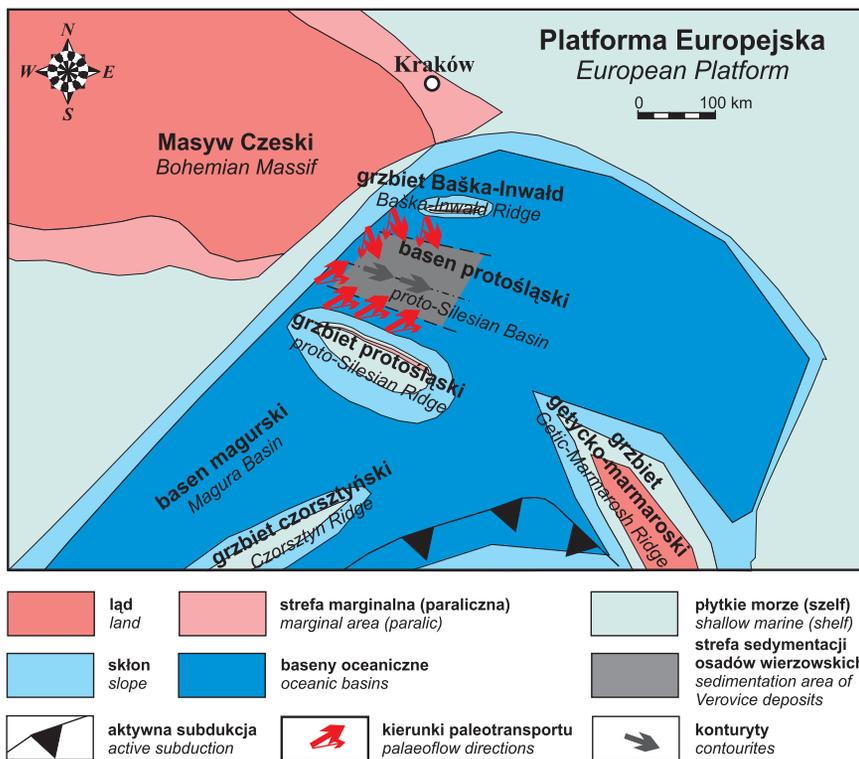


Fig. 3. Sedymentacja w zachodniej części basenu protośląskiego, na tle głównych elementów paleogeograficznych basenów karpackich w apcie. Rozmieszczenie płyt ok. 115 milionów lat temu (wg Golonka *et al.* 2006a, zmienione)

Fig. 3. Sedimentation in western part of proto-Silesian Basin of the main paleogeographical element of the Carpathians basins in Aptian. Plate position about 112 Ma (from Golonka *et al.* 2006a, modified)

WYKSZTAŁCENIE UTWORÓW FORMACJI WIERZOWSKIEJ NA MORAWACH (FWM)

Opisywane wydzielenie reprezentowane jest przez niewapniste, niekiedy silnie skrzemionkowane łupki iłowcowe i mułowcowe, barwy od ciemnopopielatej do czarnej, z rzadkimi konkracjami sferosyderytowymi oraz wkładkami pyłowców i drobnopsamitowych piaskowców. Przelawicenia pyłowcowe i piaskowcowe oraz konkracje sferosyderytów stanowią od poniżej jednego do maksymalnie kilku procent udziału miąższościowego w profilu FWM. Dla utwo-

rów FWM charakterystyczne są także konkretyjne wystąpienia siarczków żelaza (Waśkowska-Oliwa *et al.* 2007), które tworzyły się podczas sedymentacji i diagenety tych utworów w redukcyjnych warunkach prawdopodobnie anoksycznego środowiska bogatego w siarkowodór. Wychodniom utworów FWM towarzyszą również wystąpienia współczesnej ochry karpacskiej (Waśkowska-Oliwa *et al.* 2007), która stanowi autogeniczny żel tlenkowych połączeń żelaza (Kotlarczyk & Ratajczak 2002) związanych z utlenianiem siarczków w strefie hipergenicnej. Aktywowaniu mobilnych związków Fe dodatkowo sprzyja podwyższona zawartość całkowitego węgla organicznego (TOC – *Total Organic Carbon*) w skałach FWM (Golonka *et al.* 2008c, Strzeboński *et al.* 2008).

ETAP FINALNEJ SEDYMENTACJI OSADÓW PREWIERZOWSKICH (OSADY GRODZISKIE)

W schyłkowym interwale wczesnej kredy (przedział wiekowy 23 – supersekwencji górna Zuni I, Golonka & Kiessling 2002) rozpoczęło się obniżanie poziomu wód oceanu światowego, znaczone globalną niezgodnością śródwalanzyńską (Golonka *et al.* 2008b).

Sedymentację osadów tworzących utwory FWM poprzedzała akumulacja osadów zaliczanych do formacji grodziskiej (wczesny walanżyn – wczesny apt) (Eliáš *et al.* 2003, Golonka & Waśkowska-Oliwa 2007, Golonka *et al.* 2008a, c). Przejście pomiędzy tymi wydzieleniami jest w profilach osadowych na Morawach ostro zaznaczone, głównie zmianą zabarwienia i wykształcenia litofacji. Fakt ten dokumentuje wyraźną zmianę warunków i charakteru sedymentacji, związaną z wynurzaniem obszarów źródłowych i zintensyfikowaniem dostawy materiału klastycznego do basenu protośląskiego. Piaskowce grodziskie reprezentują pierwsze w historii rozwoju protośląskiego systemu depozycyjnego, pojawienie się dominującej sedymentacji silikoklastycznej. Procesy te mogły rozwijać się szczególnie intensywnie w baremie, w którym w sąsiednim obszarze sedymentacyjnym notuje się emersję (Aubrecht *et al.* 2006).

Zawartość całkowitego węgla organicznego (*Total Organic Carbon* – TOC) w profilach formacji grodziskiej na Morawach waha się od 0.6–1.5% do 2.0–2.5% w najwyższej części tych profili (Golonka *et al.* 2008c).

Kierunki paleotransportu materiału okrucowego pomierzone w najwyższej części formacji grodziskiej na Morawach, wskazują na prądy przemieszczające się z 200° na 20°. Uwzględniając przy rekonstrukcji paleotransportu rotację basenu protośląskiego, należałoby przyjąć kierunki z 245° na 65°, co odpowiadałoby paleotransportowi z NE obrzeżenia wyniesienia protośląskiego.

ETAP DEPOZYCJI OSADÓW WIERZOWSKICH

Pod koniec wczesnej kredy, w późnym apcie (przedział wiekowy 24 – supersekwencji górna Zuni II, Golonka & Kiessling 2002) nastąpiło zahamowanie zasilania materiałem klastycznym basenów sedymentacyjnych, związane z transgresją i zanurzeniem obszarów źródłowych (Golonka *et al.* 2001, Eliáš *et al.* 2003, Kratochvílová *et al.* 2003, Skupien 2003, Aubrecht *et al.* 2006, Golonka *et al.* 2008a, b, c). W tym czasie w basenie protośląskim rozpoczęła się

sedymentacja głównie pelityczno-aleurytowych litofacji anoksycznych, reprezentujących formację wierzowską (Eliáš *et al.* 2003, Golonka *et al.* 2008a, c, Strzeboński *et al.* 2008). Następuje nagły zanik jasno zabarwionych piaskowców grodziskich, natomiast pojawiają się czarne łupki wierzowskie.

Wydarzenia te mogły mieć związek z notowanym pod koniec wczesnej kredy zintensyfikowanym rozrostem skorupy oceanicznej (Larson 1991), który przyczynił się do globalnego wzrostu poziomu wód oceanu światowego. W wyniku tej transgresji baseny sedymentacyjne były zasilane dużą ilością szczątków materii organicznej pochodzącej z obszarów lądowych i epikontynentalnych. Bogactwo substancji odżywczych spowodowało wówczas wydatny wzrost produktywności świata organicznego. Zanurzenie obszarów alimentacyjnych zdecydowanie ograniczyło ilość dostarczanego materiału terygenicznego, między innymi do protośląskiego systemu depozycyjnego. To z kolei znacząco wpłynęło na spadek tempa depozycji do poziomu rzędu centymetrów na 1000 lat i tym samym na generalny brak rozcieńczania gromadzącej się w basenie materii organicznej (Strzeboński *et al.* 2008). Dodatkowo w warunkach panującego we wczesnej kredzie ciepłego klimatu (Golonka 2002), doszło do spowolnienia, a lokalnie nawet do całkowitego braku cyrkulacji wewnątrzbasenowej i stagnacji wód, co w efekcie doprowadziło do rozwoju środowiska anoksycznego i powstania warunków redukcyjnych, między innymi w przydennej strefie basenu protośląskiego (Strzeboński *et al.* 2008). W wodach powierzchniowych i nektonicznej toni dalej bujnie rozwijało się życie, czego dowodem są na przykład stosunkowo liczne jak na flisz znaleziska skamieniałości makrofauny, w tym głowonogów (e.g. Waškowska-Oliwa *et al.* 2007). Utwory FWM dokumentują anoksyczne wydarzenie oceaniczne o zasięgu globalnym (OAE1b – *Oceanic Anoxic Event 1b*, Bralower *et al.* 2002, Kratochvílová *et al.* 2003, Golonka *et al.* 2008c).

Utwory FWM należą także do grupy skał o podwyższonej TOC dochodzącej do poziomu bliskiego 4% (Kratochvílová *et al.* 2003, Golonka *et al.* 2008c, Strzeboński *et al.* 2008), przez co mogą być uznane za potencjalne skały macierzyste dla systemów naftowych Karpat zewnętrznych (Golonka *et al.* 2008c).

Pomierzone parametry dystrybucji silikoklastyków z FWM wskazują wielokrotnie powtarzające się położenie kierunku 200–20°, znane już z wcześniejszych etapów rozwoju grodziskiego systemu depozycyjnego. Bardzo nieliczne pomiary odlewów śladów prądowych umożliwiły określenie zwrotu, który wskazuje paleotransport z 200° na 20° (Strzeboński *et al.* 2008). W większości pomiarów o kierunku 200–20°, określających przykładowo osie wypełnień kanałowych wyznaczenie zwrotu było jednakże niepewne. Uwzględniona poprawka na rotację basenu protośląskiego do pierwotnego położenia, szacuje przemieszczanie prądów między innymi z kierunku 245° na 65° (z grzbietu protośląskiego) (Fig. 3). Odnotowano także kierunki paleotransportu z 250° na 70°, na stropach i spągach cienko- i średnioławicowych, laminowanych fałście i riplemarkowych (laminowanych przekątnie) piaskowców reprezentujących w tym przypadku konturyty osiowej strefy basenu protośląskiego. Kierunki te są szczególnie liczne w najdalej na wschód wysuniętych wychodniach FWM. Po rotacji należałoby przyjąć te kierunki jako bliskie z 295° na 135°, co odpowiadałoby orientacji basenu NW-SE przyjmowanej przez Eliáš *et al.* (2003) oraz Golonkę *et al.* (2003, 2006a, b) (Fig. 3). Kierunki z 290–330° na 110–150° (po rotacji z 335–15° na 155–195°) wskazują z kolei na paleotransport z obszaru źródłowego położonego na NNW (Masyw Czeski) i bliskiego N (grzbiet Baška-Inwałd) (Fig. 3).

ETAP INICJALNEJ SEDYMENTACJI OSADÓW POSTWIERZOWSKICH (OSADY LGOCKIE)

Ponad typowo wykształconymi utworami FWM występują utwory wieku albskiego (kontynuacja przedziału wiekowego 24 – supersekwencji górnej Zuni II, Golonka & Kiessling 2002, Golonka *et al.* 2008a, b) (Fig. 2), zaliczane do formacji lgockiej (*sensu* Picha *et al.* 2006). W profilu osadowym jednostki śląskiej na Morawach przejście pomiędzy tymi wydzieleniami jest gradacyjne. Jest to wynik stopniowej zmiany warunków sedymentacji w basenie protośląskim. Czarne łupki wierzowskie systematycznie w górę profilu są zastępowane przez występujące na zmianę jasnoszare i zielonkawe, zbioturbowane łupki. Utwory te charakterystyczne są dla profili na Morawach, a ich ciągły kompleks zaliczany jest już do formacji lgockiej. Ponad strefą przejściową (utwory zbioturbowane) występują typowo rozwinięte jasno zabarwione mułowcowo-piaskowcowe, basenowe utwory formacji lgockiej reprezentujące pierwszy sygnał synorogenicznych osadów fliszowych. Dokumentują one drugie (po piaskowcach grodzkich) zdarzenie w rozwoju protośląskiego systemu depozycyjnego, w którym rozwinęła się akumulacja silikoklastyczna na masową skalę. Zmiana charakteru sedymentacji związana była z postępującą reorganizacją basenu protośląskiego i obszarów źródłowych. Do zmian geotektonicznych dochodziło w związku z intensyfikującym się reżimem kompresyjnym, zachodzącym w obszarze wewnętrznym prowincji alpejsko-karpackiej. Towarzysząca zmianom tektonicznym transgresja umożliwiła wymianę wód basenu protośląskiego z oceanem światowym, w efekcie czego stopniowo dochodziło do zmiany redukcyjnych warunków sedymentacji na warunki utleniające. Wyniesienie protośląskie oraz sąsiadujące z nim obszary alimentacyjne musiały jednak częściowo podlegać wynurzeniu, gdyż podczas sedymentacji osadów lgockich dalej aktywnie dostarczały materiał okrucowy do basenu protośląskiego. Intensywny rozwój silikoklastycznych litofacji formacji lgockiej mógł przypaść na wczesny alb, kiedy to w sąsiednim obszarze sedymentacyjnym notuje się ponownie emersję (Aubrecht *et al.* 2006).

Początkowo relatywnie wąski, ryftowy basen protośląski ze stagnującymi wodami przydennymi sukcesywnie rozszerzał się, a jego wody zaczynały podlegać cyrkulacji. Basen protośląski na początku późnej kredy osiągnął największą w historii swojego rozwoju szerokość (Golonka *et al.* 2001, 2008c). W okresie sedymentacji przejściowej możliwe było także ząbienie się anoksycznych litofacji basenowych z litofacjami skłonowymi rozwijającymi się w środowisku z większą zawartością tlenu. Strefa przejściowa może wskazywać także na wahania poziomu natlenienia w środowisku sedymentacji. TOC w formacji lgockiej ponownie spada do poziomu około 1%.

Kierunki paleotransportu materiału okrucowego wynoszące po rotacji z 285° na 105° sugerują SE obrzeżenie Masywu Czeskiego jako jeden z głównych obszarów źródłowych dla tworzących się osadów lgockich w najdalej na zachód wysuniętej części basenu protośląskiego.

PRZEBUDOWA PROTOŚLĄSKIEJ STREFY SEDYMENTACYJNEJ

Reorganizacja wczesnokredowego basenu protośląskiego (Fig. 3) na przełomie wczesnej i późnej kredy, doprowadziła do wyodrębnienia z jego południowej części basenu śląskiego. Nowo powstały basen został ograniczony od NE wyniesieniem podśląskim, a od SW grzbietem ślą-

skim (przebudowanym wyniesieniem protośląskim). W północnym obszarze basenu protośląskiego utworzył się natomiast basen skolski. Dalsze etapy sedymentacji zewnętrzno-karpackiej w późnej kredzie związane są już z odrębnymi strefami basenowymi i tworzącymi się w nich systemami depozycyjnymi: śląskim, podśląskim i skolskim.

Badania były finansowane ze środków projektu badawczego „Paleotektoniczne uwarunkowania powstawania skał macierzystych w jurze i wczesnej kredzie Karpat zewnętrznych”, w latach 2006–2008 – grant nr 4 T12B 002 30 oraz grant AGH nr 11.11.140.447.

LITERATURA

- Aubrecht R., Krobicki M., Sýkora M., Mišík M., Boorová D., Schlögl J., Šamajová E. & Golonka J., 2006. Early Cretaceous hiatus in the Czorsztyn Succession (Pieniny Klippen Belt, Western Carpathians): submarine erosion or emersion? *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 76, 161–196.
- Bralower T.J., Kelly D.C. & Lecke R.M., 2002. Biotic effect of abrupt Paleocene and Cretaceous climate events. W: Bralower T.J., Premoli-Silva Malone M. *et al.* (eds), *Proceedings of the Ocean drilling Program, Initial Report*, 198, 29–34.
- Eliáš M., Skupien P. & Vašíček Z., 2003. Návrh úpravy litostratigrafického členění nižší části slezské jednotky na českém území (vnější Západní Karpaty). *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské-Technické univerzity Ostrava, řada hornicko-geologická, Monografie*, 8, 7–14.
- Golonka J., Krobicki M., Oszczytko N. & Ślącza A., 2001. Mesozoic-Cenozoic paleogeography of the Małopolska Oil Province versus evolution of circum-Carpathian region. *Przegląd Geologiczny*, 49, 396–400.
- Golonka J., 2002. Plate-tectonic maps of the Phanerozoic. W: Kiessling W., Flügel E. & Golonka J. (eds), *Phanerozoic reef patterns, SEPM (Society for Sedimentary Geology) Special Publication*, 72, 21–75.
- Golonka J. & Kiessling W., 2002. Phanerozoic time scale and definition of time slices. W: Kiessling W., Flügel E. & Golonka J. (eds), *Phanerozoic reef patterns, SEPM (Society for Sedimentary Geology) Special Publication*, 72, 11–20.
- Golonka J., Gahagan L., Krobicki M., Marko F., Oszczytko N. & Ślącza A., 2006a. Plate-tectonic evolution and paleogeography of the circum-Carpathian region. W: Golonka J. & Picha F.J., (eds), *The Carpathians and their foreland: Geology and hydrocarbon resources, AAPG Memoir*, 84, 11–46.
- Golonka J. & Waškowska-Oliwa A., 2007. Stratygrafia polskich Karpat fliszowych pomiędzy Bielskiem-Białą a Nowym Targiem. *Geologia (kwartalnik AGH)*, 33, 4/1, 5–28.
- Golonka J., Vašíček Z., Skupien P., Waškowska-Oliwa A., Krobicki M., Cieszkowski M., Ślącza A. & Słomka T., 2008a. Litostratygrafia osadów jury i dolnej kredy zachodniej części Karpat zewnętrznych. W: Krobicki M. (Ed.), *Utwory przełomu jury i kredy w zachodnich Karpatach fliszowych polsko-czeskiego pogranicza, Jurassica VII, Żywiec/Štramberg 27–29.09.2008, Geologia (kwartalnik AGH)*, 34, 3/1, 9–31.

- Golonka J., Krobicki M., Waškowska-Oliwa A., Vašíček Z. & Skupien P., 2008b. Główne elementy paleogeograficzne zachodnich Karpat zewnętrznych w późnej jurze i wczesnej kredzie. W: Krobicki M. (Ed.), *Utwory przelomu jury i kredy w zachodnich Karpatach fliszowych polsko-czeskiego pogranicza*, Jurassica VII, Żywiec/Štramberg 27–29.09.2008, *Geologia (kwartalnik AGH)*, 34, 3/1, 61–72.
- Golonka J., Matyasik I., Więclaw D., Waškowska-Oliwa A., Krobicki M., Strzeboński P., Skupien P. & Vašíček Z., 2008c. Górnourajsko-dolnokredowe skały macierzyste w zachodniej części Karpat fliszowych. W: Krobicki M. (Ed.), *Utwory przelomu jury i kredy w zachodnich Karpatach fliszowych polsko-czeskiego pogranicza*, Jurassica VII, Żywiec/Štramberg 27–29.09.2008, *Geologia (kwartalnik AGH)*, 34, 3/1, 73–81.
- Kotlarczyk J. & Ratajczak T., 2002. *Ochra karpacka z Czerwonek Hermanowskich koło Tyczyna*. Wyd. Ins. Gosp. Sur. Min. i Ener. PAN, Kraków, 120.
- Kratochvílová L., Dolejšova M., Skupien P. & Vašíček Z., 2003. Organic carbon contents in the uppermost part of the Hradiste Formation and in the Verovice Formation (Late Aptian, Outer Western Carpathians, Czech Republic). *Transactions of the VSB – Technical University Ostrava Mining and Geological Series Monograph*, 8, 53–64.
- Larson R.L., 1991. Latest pulse of Earth: Evidence for a mid-Cretaceous super plume. *Geology*, 19, 547–550.
- Menčík E. (Ed.), 1983. *Geology of the Moravskoslezské Beskydy Mts. and Podbeskydská pahorkatina Upland*. Ustřední Ústav Geologický, Praha, 304.
- Menčík E. & Tyráček J. (eds), 1985. *Synoptic Geological Map of the Beskydy Mts. and the Podbeskydská pahorkatina Upland, 1: 100 000*. Czech Geological Office, Geological Survey, Prague.
- Picha F.J., Stráník Z. & Krejčí O., 2006. Geology and Hydrocarbon Resources of the Outer Western Carpathians and Their Foreland, Czech Republic. W: Golonka J. & Picha F.J. (eds), *The Carpathians and their foreland: Geology and hydrocarbon resources*, *AAPG Memoir*, 84, 49–175.
- Skupien P., 2003. Souhrn palynologických výsledků z výzkumu nižší části slezské jednotky (česká část Vnějších Západních Karpat). *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské-Technické univerzity Ostrava, řada hornicko-geologická*, 107–116.
- Strzeboński P., Golonka J. & Waškowska-Oliwa A., 2008. Środowisko sedimentacyjne formacji wierzowskiej (Morawy, Karpaty zewnętrzne). W: Haczewski G. (Ed.), *Pierwszy Polski Kongres Geologiczny, Kraków 26–28 czerwca 2008, Abstrakty*, Polskie Towarzystwo Geologiczne, Kraków, 115.
- Waškowska-Oliwa A., Golonka J. & Strzeboński P., 2007. Czarna kreda fliszu morawskiego. *Geoturystyka*, 1, 8, 29–36.